9 月 September
2019，62(9)：1072－1080
昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
http：//www.insect.org.cn
doi：10.16380/j.kcxb.2019.09.008

入侵害虫南美斑潜蝇在西藏首次发现及其寄生蜂调查

潘立婷[1]，许永强[2]，杜素洁[1]，王　伟[3]，Zoya YEFREMOVA[4]，达　娃[2]，刘万学[1,*]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193；
2. 西藏自治区高原生物研究所，拉萨 850001；3. 海南师范大学生命科学学院，海口 571158；
4. Steinhardt Museum of Natural History，Department of Zoology，Tel Aviv University，Ramat Aviv 69978，Israel）

摘要：【目的】南美斑潜蝇 *Liriomyza huidobrensis* 为我国重要的入侵害虫，我们于 2017 年 7 月首次发现其已扩散至西藏。本研究旨在了解西藏地区南美斑潜蝇的发生现状及其寄生蜂种类。【方法】2017 和 2018 年 6 月上旬－9 月中旬对西藏拉萨、林芝、山南和日喀则 4 个地区的南美斑潜蝇的发生危害及其寄生蜂组成进行了调查采样。【结果】调查的西藏这 4 个地区均发现南美斑潜蝇分布和危害；温室发生时间为 6 月上旬－9 月中旬，而露地的发生高峰在 7 月下旬－8 月上旬。其寄主植物有 9 科 21 种，主要有豆科(Fabaceae)、茄科(Solanaceae)和伞形科(Umbelliferae)等，主要嗜好经济作物有豇豆 *Vigna unguiculata*，扁豆 *Lablab purpureus*，莴笋 *Lactuca sativa* var. *angustana* 和白菜 *Brassica rapa* ssp. *pekinensis*。其寄生蜂包括姬小蜂科(Eulophidae)、茧蜂科(Braconidae)和瘿蜂科(Cynipidae)共计 3 科 9 属 16 种，分别为双斑潜蝇姬小蜂 *Diglyphus bimaculatus*，豌豆潜蝇姬小蜂 *Diglyphus isaea*，小斑潜蝇姬小蜂 *Diglyphus minoeus*，万氏潜蝇姬小蜂 *Diglyphus wani*，*Diglyphus* sp.，纵纹瑟姬小蜂 *Cirrospilus vittatus*，*Hemiptarsenus* sp.，芙新姬小蜂 *Neochrysocharis formosa*，底比斯姬小蜂 *Chrysocharis pentheus*，普金姬小蜂 *Chrysocharis pubicornis*，*Chrysocharis* sp.，潜蝇柄腹姬小蜂 *Pediobius metallicus*，*Pnigalio* sp.，西伯利亚离颚茧蜂 *Dacnusa sibirica*，*Dacnusa* sp. 和 *Gronotoma* sp.；其中优势种为西伯利亚离颚茧蜂、双斑潜蝇姬小蜂和豌豆潜蝇姬小蜂，其个体数量占比分别为总采集个体数的 48.7%，22.1% 和 12.9%。【结论】西藏南美斑潜蝇的寄生蜂种类丰富，发挥着重要的自然控制作用。建议进一步加强优势寄生蜂生物学、控害潜力评价以及利用研究，为南美斑潜蝇的绿色防控提供指导。

关键词：南美斑潜蝇；寄主植物；寄生蜂；生物防治；入侵害虫；西藏

中图分类号：Q968　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**0454-6296(2019)09-1072-09

First record of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera：Agromyzidae) and a survey of its parasitoids in Tibet, China

PAN Li-Ting[1], XU Yong-Qiang[2], DU Su-Jie[1], WANG Wei[3], Zoya YEFREMOVA[4], DAWA[2], LIU Wan-Xue[1,*] (1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Tibet Institute of Plateau Biology, Lhasa 850001, China; 3. College of Life Sciences, Hainan Normal University, Haikou 571158, China; 4. Steinhardt Museum of Natural History, Department of Zoology, Tel Aviv University,

基金项目：国家重点研发计划项目(2016YFC1201200)；西藏自治区科技重大专项(ZD20170021)；国家自然科学基金项目(31772236)
作者简介：潘立婷，女，1992 年 11 月生，山东济南人，硕士研究生，研究方向为入侵害虫生物防治，E-mail：nkypanting1106@126.com
[*] 通讯作者 Corresponding author，E-mail：liuwanxue@caas.cn
收稿日期 Received：2019-03-15；接受日期 Accepted：2019-06-20

Ramat Aviv 69978, Israel)

Abstract:【Aim】*Liriomyza huidobrensis* is an important invasive pest in China. It was firstly found in Tibet in July, 2017. This study aims to confirm the occurrence status of *L. huidobrensis* and its parasitoids in Tibet.【Methods】The occurrence and damage of *L. huidobrensis* and its parasitoids were investigated in four regions, Lhasa, Nyingchi, Lhoka and Shigatse, in Tibet from early June to mid-September in 2017 and 2018.【Results】The results revealed that *L. huidobrensis* has already colonized and caused damage in all the four regions surveyed in Tibet from early June to mid-September in 2017 and 2018. The population occurred from early June to mid-September in green house and the peak of occurrence in the field was from late July to early August. Twenty-one species of host plants were reported to be damaged by *L. huidobrensis* and they belong to nine families, mainly Fabaceae, Solanaceae and Umbelliferae. *L. huidobrensis* caused the most serious damage to such economic crops as *Vigna unguiculata*, *Lablab purpureus*, *Lactuca sativa* var. *angustana* and *Brassica rapa* ssp. *pekinensis*. Sixteen species of parasitoids including *Diglyphus bimaculatus*, *Diglyphus isaea*, *Diglyphus minoeus*, *Diglyphus wani*, *Diglyphus* sp., *Cirrospilus vittatus*, *Hemiptarsenus* sp., *Neochrysocharis formosa*, *Chrysocharis pentheus*, *Chrysocharis pubicornis*, *Chrysocharis* sp., *Pediobius metallicus*, *Pnigalio* sp., *Dacnusa sibirica*, *Dacnusa* sp., and *Gronotoma* sp. were recorded, and they belong to nine genera of three families (Eulophidae, Braconidae and Cynipidae). *Da. sibirica*, *Di. bimaculatus* and *Di. isaea* were identified as the dominant species and their individuals accounted for 48.7%, 22.1% and 12.9% of the total individuals collected, respectively.【Conclusion】The parasitoid species of *L. huidobrensis* are quite rich in Tibet, and these parasitoid species show strong natural control effect. It is suggested that the study of biology, control potential and utilization of dominant parasitoids should be strengthened in the future for the prevention and control of the invasive *L. huidobrensis*.

Key words: *Liriomyza huidobrensis*; host plants; parasitoids; biological control; invasive pest; Tibet

潜叶蝇(agromyzid leafminers)是危害蔬菜、花卉等经济作物的一类世界性重要小型害虫,成、幼虫均可为害;雌成虫刺伤植物叶片并进行取食和产卵,尤其是幼虫潜入植物叶片危害,产生不规则白色虫道即"潜道",影响植物的光合作用,严重时可导致受害寄主植物叶片的脱落,严重降低作物产量和品质甚至导致绝收(Spencer, 1973; 康乐, 1996; Kang *et al*., 2009)。我国是世界上潜叶蝇类害虫危害最为严重的国家之一,潜蝇科(Agromyzidae)昆虫在 130 种以上,危害蔬菜的主要潜叶蝇种类,本地种有豌豆彩潜蝇 *Chromatomyia horticola* 和葱斑潜蝇 *Liriomyza chinensis* 等,外来入侵种有三叶草斑潜蝇 *L. trifolii*,美洲斑潜蝇 *L. sativae*, 南美斑潜蝇 *L. huidobrensis* 和番茄斑潜蝇 *L. bryoniae*;这些潜叶蝇不仅造成了严重的经济损失,并且伴随其迅速扩散构成了更加严重的威胁(康乐, 1996; Chen *et al*., 2003; 相君成等, 2012; 王伟等, 2012; 刘万学等, 2013a; 曹利军等, 2014; 杨月梅等, 2017)。

南美斑潜蝇是一种世界性的外来入侵害虫,现已扩散分布于 5 大洲 40 多个国家(Weintraub *et al*., 2017)。我国于 1993 年首次在云南嵩明县杨林镇发现南美斑潜蝇危害,在 1994 - 1995 年贵州地区发现危害(问锦曾等, 1998),1996 - 1997 年在四川地区调查显示南美斑潜蝇对该省多地区造成大面积重要危害甚至绝收(范京安等, 1998),随后迅速向内陆扩散,现已入侵扩散到黑龙江、辽宁、北京、天津、山东、河北、河南、甘肃、新疆、青海、宁夏、云南、贵州、四川、福建、湖北、重庆、陕西、山西、内蒙古等省/直辖市(相君成等, 2012)。南美斑潜蝇寄主谱广,尤其在入侵之初,由于缺乏自然天敌的控制作用,危害尤其严重(雷仲仁和王音, 2005)。近 10 年,尽管南美斑潜蝇在我国的入侵地整体发生情况相对减弱,但仍然是西南、西北和东北等地温室和部分露地蔬菜上的主要入侵害虫之一。2017 年 7 月,我们在西藏拉萨市温室蔬菜上首次发现其严重危害。由于潜叶蝇的寄生蜂种类多,控害能力强,合理利用寄生蜂进行"绿色"防控是目前潜叶蝇防控的首选措施(Liu *et al*., 2009; 王伟等, 2012; 刘万学等, 2013a)。西藏作为我国的重要的典型生态农牧产业保护区和生态安全屏障区,研究入侵生物的发生和

其生物防治资源具有重要意义。所以，本研究对西藏地区首次发现南美斑潜蝇的发生危害及其寄生蜂组成进行了较为系统的调查与采样，以期为西藏地区南美斑潜蝇的防控提供指导。

1 材料与方法

1.1 潜叶蝇及其寄生蜂发生田间调查

1.1.1 田间调查采样：于2017年和2018年6月上旬–9月中旬，对西藏拉萨、林芝、山南和日喀则4个地区的潜叶蝇的发生危害及其寄生蜂情况进行调查采样。调查生境包括露天菜地、温室蔬菜大棚以及周边生境的杂草。根据田间调查记录其危害情况，并于每一样点每种寄主植物同时采集危害叶片至少50片以上，记录详细的采集信息如寄主植物种类、采集时间、采集地点、生境、经纬度、温度和气候等。将采集的危害叶片分别置于网纱养虫笼内，在室内（温度25±1℃，相对湿度50%±5%，光周期14L∶10D）进行继续饲养羽化。羽化虫源（潜叶蝇和寄生蜂）迅速冻死并移入无水乙醇的标本管中，然后存放于–40℃冰箱内保存备用。标本保存于中国农业科学院植物保护研究所生物入侵研究室。

1.1.2 潜叶蝇的危害等级和寄主植物偏好性划分：参考常亚文等（2016）的方法和结合潜叶蝇危害的经济阈值划分潜叶蝇对寄主植物的危害等级和寄主植物偏好性。具体方法为：依据每份样品有虫或有潜道叶片数占总叶片数的比例，将潜叶蝇对寄主植物的危害程度分为5级：0%＜Ⅰ≤10%，10%＜Ⅱ≤20%，20%＜Ⅲ≤50%，50%＜Ⅳ≤80%，80%＜Ⅴ≤100%。一般来说，超过Ⅱ级危害则需要防控，将该类植物记为偏好寄主，级别越高偏好性越强，而Ⅴ级则接近或达到毁灭性损失。

1.1.3 潜叶蝇的寄生率：由于潜叶蝇的寄生蜂为单寄生蜂，所以可根据羽化的寄生蜂的数量推测被寄生的潜叶蝇的数量，因此，潜叶蝇的实际寄生率可通过下列公式计算：寄生率（%）＝羽化寄生蜂数/（羽化寄生蜂数＋羽化潜叶蝇数）×100%。

1.2 潜叶蝇及其寄生蜂的鉴定

在体式镜（ZEISS Stemi 508）下对采集的标本进行形态鉴定。其中南美斑潜蝇的形态特征比对主要参考Weintraub（2017）中对其的形态描述；寄生蜂的形态特征比对主要参考朱朝东（1999）、Ye等（2018）、徐志宏等（2001）、问锦曾等（2000）、Askew和Coshan（1973）、Hansson（1995）、Zheng等（2017）及Forshage和Nordlander（2008）。

南美斑潜蝇的分子鉴定方法采用COI基因的检测方法（Maharjan *et al*., 2014）。随机选取多地多点的南美斑潜蝇雌虫30头，采用DNeasy血液及组织核酸提取试剂盒（QIAGEN，德国）分别提取DNA。以线粒体细胞色素氧化酶I基因（COI基因）为分子标记，利用上游引物LCO1490（5′-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3′）和下游引物HCO2198（5′-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3′）（引物由上海生工生物工程技术服务有限公司合成）对COI基因片段进行PCR扩增，PCR反应体系：Taq酶（2.5 U/μL）0.5 μL，dNTPs（2.5 mmol/L）0.5 μL，上下游引物（10 μmol/L）各0.5 μL，10×buffer（含Mg^{2+}）2.5 μL，DNA模板2 μL，ddH_2O补至25 μL。PCR反应程序：95℃预变性5 min；94℃变性30 s，51℃退火45 s，72℃延伸1 min，循环40次；72℃再延伸7 min。将反应后的PCR产物送至上海生工生物工程股份有限公司进行测序。利用MEGA7.0软件对公司反馈的序列进行碱基校对和拼接，将拼接后的序列在NCBI数据库进行比对。

2 结果

2.1 潜叶蝇的形态和分子鉴定

通过形态比对和分子鉴定，确定发现的潜叶蝇为南美斑潜蝇（图1）。其中COI基因的分子检测结果显示，30头雌虫均为同一单倍型，未发生遗传分化，COI基因序列（649 bp）与NCBI数据库中BLAST比对显示，与来自内蒙古地区南美斑潜蝇种群序列（序列号JN570505.1）（Yang *et al*., 2013）的核苷酸序列一致性为100%。

2.2 南美斑潜蝇的发生及危害

南美斑潜蝇在采集的4个地区即拉萨市、林芝市、山南市和日喀则市均有发生。共发现寄主植物有9科18属21种；南美斑潜蝇显示出对不同寄主植物的偏好性，经济作物中尤其在豇豆 *Vigna unguiculata*，扁豆 *Lablab purpureus*，莴笋 *Lactuca sativa* var. *angustana* 和白菜 *Brassica rapa* ssp. *pekinensis* 等作物上危害较为严重；温室发生普遍比露地发生更为严重。温室在6月上旬–9月中旬均适合发生，主要危害高峰为6月上旬、6月下旬–7月上旬以及8月上旬–8月中旬；室外在6月下旬–8月下旬适合发生，发生高峰在7月下旬–8月上旬（表1）。

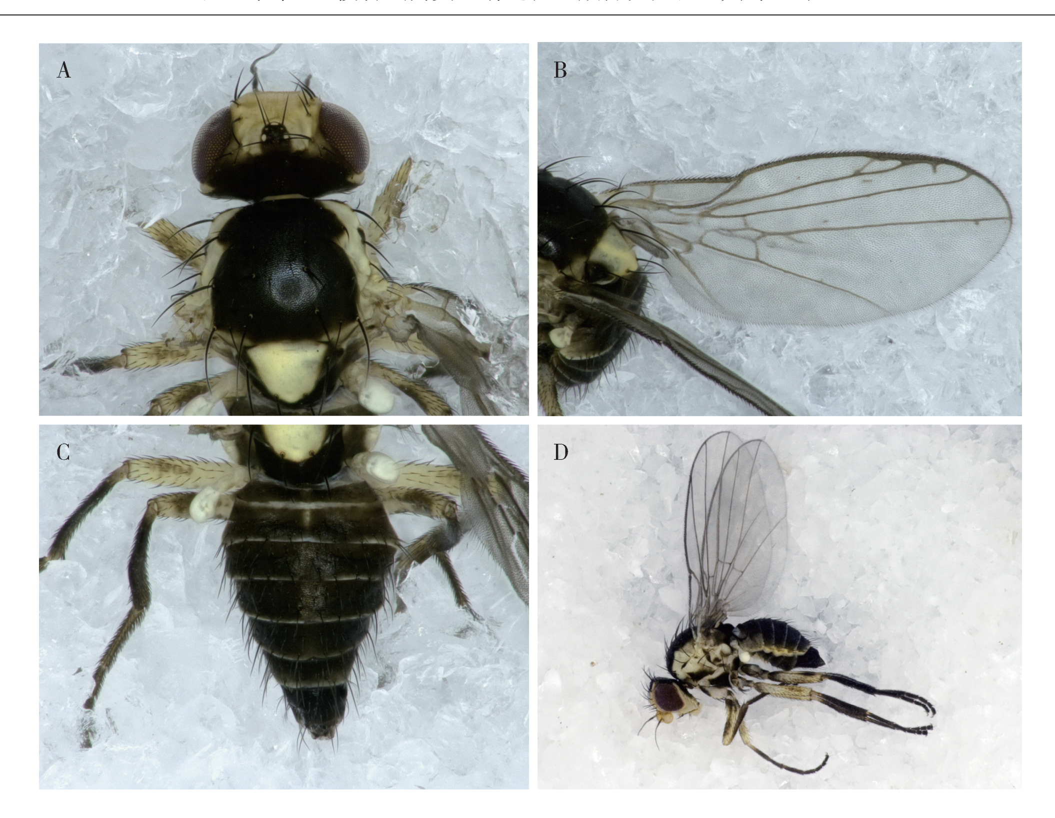


图 1 南美斑潜蝇

Fig. 1 *Liriomyza huidobrensis*

A：头部及胸部背面观 Head and thorax，dorsal view；B：翅 Wing；C：腹部及足背面观 Abdomen and legs，dorsal view；D：整体侧面观 Body，lateral view.

表 1 2017－2018 年南美斑潜蝇在西藏危害的寄主植物及其寄生率

Table 1 Host plants and parasitism rate of *Liriomyza huidobrensis* in Tibet during 2017－2018

寄主植物 Host plant	寄主植物所属科 Family of host plant	生境 Habitat	采集时间（年-月-日）Sampling time（year-month-day）	采集地点 Sampling locality	危害等级* Damage degree	寄生率(％) Parasitism rate
四季豆 *Phaseolus vulgaris*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2017-07-02	拉萨 Lhasa	Ⅳ	91.7
芹菜 *Apium graveolens*	伞形科 Umbelliferae	大棚 Green house	2017-07-02	拉萨 Lhasa	Ⅳ	15.4
莴笋 *Lactuca sativa* var. *angustana*	菊科 Asteraceae	大棚 Green house	2017-07-02	拉萨 Lhasa	Ⅳ	44.1
葱 *Allium fistulosum*	百合科 Liliaceae	大棚 Green house	2017-07-02	拉萨 Lhasa	Ⅲ	8.6
芹菜 *Apium graveolens*	伞形科 Umbelliferae	大棚 Green house	2017-07-04	日喀则 Shigatse	Ⅲ	83.3
豇豆 *Vigna unguiculata*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2017-07-22	拉萨 Lhasa	Ⅳ	100
葱 *Allium fistulosum*	百合科 Liliaceae	大棚 Green house	2017-07-22	拉萨 Lhasa	Ⅱ	100
马铃薯 *Solanum tuberosum*	茄科 Solanaceae	大棚 Green house	2017-07-25	林芝 Nyingchi	Ⅲ	94.7
莴笋 *Lactuca sativa* var. *angustana*	菊科 Asteraceae	大棚 Green house	2017-07-25	林芝 Nyingchi	Ⅳ	100

续表 1 Table 1 continued

寄主植物 Host plant	寄主植物所属科 Family of host plant	生境 Habitat	采集时间（年-月-日）Sampling time (year-month-day)	采集地点 Sampling locality	危害等级* Damage degree	寄生率(%) Parasitism rate
蚕豆 *Vicia faba*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2017-07-25	林芝 Nyingchi	Ⅳ	96.6
蚕豆 *Vicia faba*	豆科 Fabaceae	露地 Open field	2017-07-25	林芝 Nyingchi	Ⅳ	93.2
丝瓜 *Luffa cylindrica*	葫芦科 Cucurbitaceae	大棚 Green house	2017-08-18	林芝 Nyingchi	Ⅳ	26.5
辣椒 *Capsicum annuum*	茄科 Solanaceae	大棚 Green house	2017-09-17	林芝 Nyingchi	Ⅳ	16.7
豇豆 *Vigna unguiculata*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2018-06-07	拉萨 Lhasa	Ⅳ	47.4
豇豆 *Vigna unguiculata*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2018-06-12	拉萨 Lhasa	Ⅲ	100
苦苣菜 *Sonchus oleraceus*	菊科 Asteraceae	露地 Open field	2018-07-30	拉萨 Lhasa	Ⅱ	83.3
油菜 *Brassica napus*	十字花科 Brassicaceae	露地 Open field	2018-07-30	拉萨 Lhasa	Ⅰ	100
豌豆 *Pisum sativum*	豆科 Fabaceae	露地 Open field	2018-07-31	拉萨 Lhasa	Ⅳ	86.4
芹菜 *Apium graveolens*	伞形科 Umbelliferae	露地 Open field	2018-07-31	拉萨 Lhasa	Ⅳ	97.3
西瓜 *Citrullus lanatus*	葫芦科 Cucurbitaceae	大棚 Green house	2018-07-31	拉萨 Lhasa	Ⅰ	100
黄瓜 *Cucumis sativus*	葫芦科 Cucurbitaceae	大棚 Green house	2018-07-31	拉萨 Lhasa	Ⅰ	100
苦苣菜 *Sonchus oleraceus*	菊科 Asteraceae	露地 Open field	2018-08-04	山南 Lhoka	Ⅰ	93.9
羊蹄 *Rumex japonicus*	蓼科 Polygonaceae	露地 Open field	2018-08-04	山南 Lhoka	Ⅱ	92.9
扁豆 *Lablab purpureus*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2018-08-04	山南 Lhoka	Ⅳ	3.9
向日葵 *Helianthus annuus*	菊科 Asteraceae	露地 Open field	2018-08-06	林芝 Nyingchi	Ⅲ	100
莴苣 *Lactuca sativa*	菊科 Asteraceae	露地 Open field	2018-08-06	林芝 Nyingchi	Ⅱ	33.3
豇豆 *Vigna unguiculata*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2018-08-06	林芝 Nyingchi	Ⅲ	20.7
豌豆 *Pisum sativum*	豆科 Fabaceae	露地 Open field	2018-08-06	林芝 Nyingchi	Ⅲ	4.5
四季豆 *Phaseolus vulgaris*	豆科 Fabaceae	大棚 Green house	2018-08-08	拉萨 Lhasa	Ⅱ	75.0
藜 *Chenopodium album*	藜科 Chenopodiaceae	露地 Open field	2018-08-08	日喀则 Shigatse	Ⅳ	83.3
茼蒿 *Chrysanthemum coronarium*	菊科 Asteraceae	大棚 Green house	2018-08-08	日喀则 Shigatse	Ⅳ	0
白菜 *Brassica rapa* ssp. *pekinensis*	十字花科 Brassicaceae	大棚 Green house	2018-08-08	日喀则 Shigatse	Ⅳ	0

* 依据每份样品有虫或有潜道叶片数占总叶片数的比例，潜叶蝇对寄主植物的危害程度分为 5 级 Five damage degrees of *L. huidobrensis* to host plants were divided based on the proportion of leaves with insects or mines in the total leaves of a sample: 0% < Ⅰ ≤10%, 10% < Ⅱ ≤20%, 20% < Ⅲ ≤50%, 50% < Ⅳ ≤80%, and 80% < Ⅴ ≤100%.

2.3 寄生蜂的自然寄生效应及其组成与动态

总体上，寄生蜂具有较强的田间自然抑制作用，但寄生率受多种因素所影响，例如斑潜蝇及其寄生蜂的发生时间或气候适宜性，寄主植物种类、生长发育阶段或长势、生境（露地或温室），以及斑潜蝇及其寄生蜂的寄主植物偏好性、管理措施、周边环境等。在各类因素的作用下，南美斑潜蝇的寄生率存在很大差异，变化幅度为 0 ~ 100%（表 1）。

表 2 西藏南美斑潜蝇的寄生蜂种类

Table 2 Parasitoid species of *Liriomyza huidobrensis* in Tibet

寄生蜂科 Parasitoid family	寄生蜂种类 Parasitoid species	采集样本数 Number of specimens collected
姬小蜂科 Eulophidae	纵纹瑟姬小蜂 *Cirrospilus vittatus*	2
	底比斯姬小蜂 *Chrysocharis pentheus*	17
	普金姬小蜂 *Chrysocharis pubicornis*	55
	Chrysocharis sp.	16
	双斑潜蝇姬小蜂 *Diglyphus bimaculatus*	281
	豌豆潜蝇姬小蜂 *Diglyphus isaea*	164
	小斑潜蝇姬小蜂 *Diglyphus minoeus*	12
	万氏潜蝇姬小蜂 *Diglyphus wani*	15
	Diglyphus sp.	1
	Hemiptarsenus sp.	4
	芙新姬小蜂 *Neochrysocharis formosa*	1
	潜蝇柄腹姬小蜂 *Pediobius metallicus*	43
	Pnigalio sp.	15
茧蜂科 Braconidae	西伯利亚离颚茧蜂 *Dacnusa sibirica*	648
	Dacnusa sp.	24
瘿蜂科 Cynipidae	*Gronotoma* sp.	1

采集的 32 份样品中，收集羽化寄生蜂 1 269 头，涉及 3 个科（姬小蜂科、茧蜂科和瘿蜂科）9 属 16 种，其中优势种为西伯利亚离颚茧蜂、双斑潜蝇姬小蜂和豌豆潜蝇姬小蜂，其个体数量占总采集个体数的比例分别为 48.7%，22.1% 和 12.9%。

寄生蜂种类和个体数量显示一定的季节性发生差异和寄主植物生境偏好性的差异。7 月下旬 –8 月上旬的寄生蜂种类多，除 *Gronotoma* sp. 外，其余 15 种寄生蜂均有发生；露地植物的寄生蜂种类数大于同期温室，但优势寄生蜂的组成不变，露地植物的寄生蜂稀有种或偶见种的种类和个体数量增加。不同种类优势寄生蜂发生动态不同，其中西伯利亚离颚茧蜂发生期较长，时间发生跨度可从 6 月上旬 –9 月中旬，发生高峰在 7 月初的温室植物和 7 月下旬 –8 月上旬的温室和露地植物；双斑潜蝇姬小蜂发生时间动态与西伯利亚离颚茧蜂较为相似，但同期发生数量一般少于西伯利亚离颚茧蜂；豌豆潜蝇姬小蜂仅仅在 7 月下旬的样品中有发现，说明主要发生在 7 月下旬，是同期双斑潜蝇姬小蜂个体数量的 3.3 倍；其他寄生蜂种类主要发生在 7 月下旬 –8 月上旬，且个体数量主要来自非经济作物，如普金姬小蜂、潜蝇柄腹姬小蜂、*Chrysocharis* sp. 和 *Dacnusa* sp. 来自杂草的个体数量占比分别为 50.9%，97.7%，100% 和 41.7%；3 种优势寄生蜂中，西伯利亚离颚茧蜂更偏好莴苣和芹菜，双斑潜蝇姬小蜂更偏好四季豆，豌豆潜蝇姬小蜂更偏好蚕豆。

3 讨论

南美斑潜蝇的寄主谱广，据 Weintraub 等（2017）统计，全世界报道记录的南美斑潜蝇寄主植物有 49 科 365 种，其中常见的有菊科 97 种，十字花科 32 种，豆科 28 种，苋科 25 种，茄科 23 种，葫芦科 18 种，以及伞形科 14 种。这些寄主植物中近 32% 属于栽培作物，18% 为栽培花卉，50% 为非栽培植物或杂草。中国共分布上述寄主植物 135 种，包括了本次调查发现的寄主植物 21 种中的 20 种，本次调查中寄主植物羊蹄为首次报道。本次调查显示，西藏地区南美斑潜蝇的嗜好植物有豇豆、扁豆、莴笋、白菜，这与以往其他地区开展的南美斑潜蝇寄主植物田间调查结果和相关研究的结果相一致，尤其是南美斑潜蝇对豇豆的危害严重时可达毁灭性损失，

远远大于美洲斑潜蝇和三叶草斑潜蝇对豇豆的危害严重度。限于本次调查的范围或时间，以及本次调查主要注重经济作物，对南美斑潜蝇的杂草等非栽培作物较少涉及。

南美斑潜蝇的寄生蜂种类较为丰富。在原产地，其被寄生率经常超过50%（Salvo *et al.*, 2005）。Weintraub 等（2017）统计报道全世界有记录的南美斑潜蝇的寄生蜂至少在106种以上，涉及茧蜂科5个属、锤角细蜂科1个种、姬小蜂科16个属、金小蜂科8个属、四节小蜂科2个属以及瘿蜂科8个属；其中中国报道的寄生蜂有22种，但不包含本次调查发现并鉴定到种的双斑潜蝇姬小蜂和万氏潜蝇姬小蜂；以往文献报道统计显示西藏潜叶蝇类害虫的寄生蜂仅6种，即豌豆潜蝇姬小蜂、双斑潜蝇姬小蜂、小斑潜蝇姬小蜂、宽脉姬小蜂 *Diglyphus crassinervis*、潜蝇瘦姬小蜂 *Hemiptarsenus unguicellus* 和圆形赘须金小蜂 *Halticoptera circulus*，其中后3种寄生蜂在本次调查中未发现。根据我们的文献收集和近3年对全国范围内潜叶蝇及其寄生蜂的调查，南美斑潜蝇的寄生蜂种类数要远大于目前的数量（未发表数据），这可能主要是因为中国也存在较多的本地潜叶蝇类害虫如豌豆彩潜蝇、葱斑潜蝇等（Chen *et al.*, 2003；Foba *et al.*, 2016）。我们也调查发现西藏羽化样品有豌豆彩潜蝇和一种蛇潜蝇 *Ophiomyia* sp.，其羽化的寄生蜂中包括了本文中的10种寄生蜂，说明西藏地区本身存在较为丰富的潜叶蝇寄生蜂资源。另外，本研究发现的寄生蜂的部分种类也有可能是“外来的”，即随着南美斑潜蝇的入侵扩散而携带传入（Gebiola *et al.*, 2014）。南美斑潜蝇的寄生蜂种类和个体数量在7月下旬-8月上旬最丰富，则主要是因为此期无论是在露地还是在温室，均是南美斑潜蝇的最佳发生时期，采集获得的寄主植物种类和潜蝇数量最多。

西藏地区气候总体上属于低温偏凉爽气候，在露地环境下适宜南美斑潜蝇的发生时间较短；作物的温室种植环境延长了南美斑潜蝇的发生危害期，由于缺乏天敌的控制，更易暴发成灾。本研究结果显示，南美斑潜蝇的寄生蜂种类较多，优势种为西伯利亚离颚茧蜂、双斑潜蝇姬小蜂和豌豆潜蝇姬小蜂，进一步说明这3种寄生蜂总体上均属于相对适应偏凉爽气候（刘万学等，2013a）；本研究中发现的一些相对更适宜高温和偏高温的寄生蜂数量较少，如芙新姬小蜂（王伟等，2012）和底比斯姬小蜂（刘万学等，2013b）。另外，尽管西藏地区发现的万氏潜蝇姬小蜂为孤雌产雌型寄生蜂，也相对适应于凉爽气候（Ye *et al.*, 2018），但个体数量上并不占优势。

潜叶蝇类害虫的寄生蜂种类丰富、自然控制作用强，在20世纪50年代前，曾被认为是一类不会导致重大经济损失的微小型昆虫（Hansson, 1985；Liu *et al.*, 2009）。潜叶蝇的寄生蜂不仅具有较强的产卵寄生控害效应，尤其是姬小蜂和部分潜蝇茧蜂对寄主幼虫具有较强的“寄主取食（host feeding）致死”控害效应和部分姬小蜂具有较强的“寄主叮蛰（host stinging）致死”控害效应，寄生蜂的这种“非繁殖型寄主致死（non-reproductive host killing）”的控害行为显著增强了寄生蜂的控害潜力（刘万学等，2013a；Zhang *et al.*, 2014；Liu *et al.*, 2014, 2015），如豌豆潜蝇姬小蜂的非繁殖型寄主致死能力占总控害潜力的比例在60%以上（Zhang *et al.*, 2014）。因此潜叶蝇的寄生蜂的实际控害效应无疑比寄生率显示的控害效应要大得多。但从我们的调查结果显示，西藏地区本地潜叶蝇的发生轻，寄生蜂的发生基数低或寄生蜂的发生与南美斑潜蝇幼虫发生高峰期时间上匹配度低，且由于南美斑潜蝇多发生在温室，更易“脱离自然天敌的控制”，因此，在南美斑潜蝇的幼虫发生早期或发生高峰期，其寄生率低，而在南美斑潜蝇的发生后期，寄生率因为寄生蜂的累计效应才迅速提升。因此，针对西藏地区南美斑潜蝇的生物防治，采用释放寄生蜂的方法无疑是一种有效的策略，而这种防控方式也在欧美等许多国家取得成功（Liu *et al.*, 2009）。

南美斑潜蝇的寄生蜂组成和发生动态受气候、纬度、寄主植物、生境或生境复杂性的影响（Weintraub *et al.*, 2017），本研究结果也是如此。西藏地区南美斑潜蝇的优势寄生蜂及其时间发生动态的明确为西藏地区优势寄生蜂的研究和利用提供了指导。尽管南美斑潜蝇已在我国广泛分布，但西藏作为一种特定的生态和气候区域，这也是首次开展潜叶蝇及其寄生蜂的较为系统的调查。戴万安等（2004年）报道，美洲斑潜蝇于1998年在西藏零星发生，并在随后出现多年的严重危害，但在我们的调查过程中却未发现，一是可能南美斑潜蝇对美洲斑潜蝇的竞争取代，南美斑潜蝇比美洲斑潜蝇更耐低温和相对更适宜凉爽气候；二是由于美洲斑潜蝇在西藏室外/露地不能越冬，农事等管理措施有利于降低了其发生危害概率。近年来，西藏大力推行蔬菜作物的“自给自足”，尤其是温室经济作物的种植，增加了南美斑潜蝇的入侵和发生概率。从本研究调

查的南美斑潜蝇在西藏的发生及其严重程度推测，西藏地区的南美斑潜蝇可能是在 2017 年前就随着蔬菜农产品的调运而伴随入侵扩散到西藏，只是没有人加以调查和研究。由于南美斑潜蝇主要在低温凉爽地区及春秋季节为害较重和更适宜于高纬度和高海拔地区，并随着全球气候变化，南美斑潜蝇更倾向于在高纬度和高海拔地区发生（Weintraub *et al.*, 2017），因此，西藏地区的南美斑潜蝇仍可能会成为蔬菜作物上的一种主要害虫，因此，迫切需要加强其发生规律和天敌资源及控害效应的深入和系统的研究，以期为南美斑潜蝇的生物防治和生态调控措施提供指导。

致谢　感谢福建农林大学植物保护学院郑敏琳老师鉴定茧蜂种类，感谢西藏自治区农牧科学院农业研究所姚晓波老师、西藏自治区高原生物研究所马超老师以及中国农业科学院植物保护研究所钟裕俊同学帮助采集部分样品。

参考文献（References）

Askew RR, Coshan PF, 1973. A study of *Chrysocharis nephereus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) and allied species, with observations on their biology in Northern England. *J. Nat. Hist.*, 7(1): 47–63.

Cao LJ, Gong YJ, Zhu L, Shi BC, Chen M, Wei SJ, 2014. Morphological study of preimaginal stages of the leafminer *Chromatomyia horticola* (Goureau) (Diptera: Agromyzidae). *Acta Entomol. Sin.*, 57(5): 594–600. [曹利军, 宫亚军, 朱亮, 石宝才, 陈敏, 魏书军, 2014. 豌豆彩潜蝇幼期各虫态的形态学研究. 昆虫学报, 57(5): 594–600]

Chang YW, Shen Y, Dong CS, Gong WR, Tian ZH, Du YZ, 2016. Population dynamics of *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza sativae* in Jiangsu. *Chin. J. Appl. Entomol.*, 53(4): 884–891. [常亚文, 沈媛, 董长生, 龚伟荣, 田子华, 杜予州, 2016. 江苏地区三叶斑潜蝇和美洲斑潜蝇的发生危害及种群动态. 应用昆虫学报, 53(4): 884–891]

Chen XX, Lang FY, Xu ZH, He JH, Ma Y, 2003. The occurrence of leafminers and their parasitoids on vegetables and weeds in Hangzhou area, Southeast China. *BioControl*, 48(5): 515–527.

Dai WA, Luo B, Yang XL, Hong Y, Chen HQ, 2004. The occurrence and damage of *Liriomyza sativae* (Blanchard). *Tibet J. Agric. Sci.*, 26(4): 20–22. [戴万安, 罗布, 杨雪莲, 红英, 陈翰秋, 2004. 美洲斑潜蝇的发生与危害. 西藏农业科技, 26(4): 20–22]

Fan JA, Peng W, Wang Y, Xiao LK, 1998. Occurrence and control of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) in Sichuan. *Plant Quar.*, 12(6): 26–28. [范京安, 彭炜, 王异, 肖连康, 1998. 南美斑潜蝇在四川的发生与防治. 植物检疫, 12(6): 26–28]

Foba CN, Salifu D, Lagat ZO, Gitonga LM, Akutse KS, Fiaboe KKM, 2016. *Liriomyza* leafminer (Diptera: Agromyzidae) parasitoid complex in different agroecological zones, seasons, and host plants in Kenya. *Environ. Entomol.*, 45(2): 357–366.

Forshage M, Nordlander G, 2008. Identification key to European genera of Eucoilinae (Hymenoptera, Cynipoidea, Figitidae). *Insect Syst. Evol.*, 39(3): 341–359.

Gebiola M, Lopez-Vaamonde C, Nappo AG, Bernardo U, 2014. Did the parasitoid *Pnigalio mediterraneus* (Hymenoptera: Eulophidae) track the invasion of the horse chestnut leafminer? *Biol. Invasions*, 16(4): 843–857.

Hansson C, 1985. Taxonomy and biology of the Palearctic species of *Chrysocharis* Förster (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomol. Scand. Suppl.*, 26: 1–130.

Hansson C, 1995. Revised key to the Nearctic species of *Chrysocharis* Förster (Hymenoptera: Eulophidae), including three new species. *J. Hymenopt. Res.*, 4: 80–98.

Kang L, 1996. Ecology and Management of *Liriomyza* Leafminer. Science Press, Beijing. 215 pp. [康乐, 1996. 斑潜蝇的生态学与持续控制. 北京: 科学出版社. 215 页]

Kang L, Chen B, Wei JN, Liu TX, 2009. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. *Annu. Rev. Entomol.*, 54: 127–145.

Lei ZR, Wang Y, 2005. *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). In: Wan FH, Zheng XB, Guo JY eds. Biology and Management of Invasive Alien Species in Agriculture and Forestry. Science Press, Beijing. 206–218. [雷仲仁, 王音, 2005. 南美斑潜蝇. 见: 万方浩, 郑小波, 郭建英 主编. 重要农林外来入侵物种的生物学与控制. 北京: 科学出版社. 206–218]

Liu TX, Kang L, Heinz KM, Trumble J, 2009. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. In: CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. 4(4): 1–16.

Liu WX, Wang W, Cheng LS, Guo JY, Wan FH, 2014. Contrasting patterns of ovarian development and oogenesis in two sympatric host-feeding parasitoids, *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 49(2): 305–314.

Liu WX, Wang WX, Wang W, Zhang YB, Wan FH, 2013a. Characteristics and application of *Diglyphus* parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae: Eulophinae) in controlling the agromyzid leafminers. *Acta Entomol. Sin.*, 56(4): 427–437. [刘万学, 王文霞, 王伟, 张毅波, 万方浩, 2013a. 潜蝇姬小蜂属寄生蜂对潜叶蝇的控害特性及应用. 昆虫学报, 56(4): 427–437]

Liu WX, Wang WX, Wang W, Zhang YB, Wan FH, 2013b. Research advances on biological characteristics and application of *Chrysocharis pentheus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae: Eulophinae). *J. Environ. Entomol.*, 35(3): 381–389. [刘万学, 王文霞, 王伟, 张毅波, 万方浩, 2013b. 底比斯姬小蜂生物学特性及其应用研究进展. 环境昆虫学报, 35(3): 381–389]

Liu WX, Wang WX, Zhang YB, Wang W, Lu SL, Wan FH, 2015.

Adult diet affects the life history and host-killing behavior of a host-feeding parasitoid. *BioControl*, 81: 58 – 64.

Maharjan R, Oh HW, Jung C, 2014. Morphological and genetic characteristics of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) infesting potato crops in Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.*, 17(3): 281 – 286.

Salvo A, Fenoglio M S, Videla M, 2005. Parasitism of a leafminer in managed versus natural habitats. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 109(3 – 4): 213 – 220.

Spencer KA, 1973. Agromyzidae (Diptera) of Economic Importance. Series Entomologica. Dr. W. Junk B. V., The Hague, The Netherlands. 9: 4051.

Wang W, Wang WX, Liu WX, Cheng LS, Wan FH, 2012. Research advances on biological characteristics and application of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae). *Chin. J. Biol. Control*, 28(4): 575 – 582. [王伟, 王文霞, 刘万学, 程立生, 万方浩, 2012. 芙新姬小蜂生物学特性及其应用研究进展. 中国生物防治学报, 28(4): 575 – 582]

Weintraub PG, Scheffer SJ, Visser D, Valladares G, Correa AS, Shepard BM, Rauf A, Murphy ST, Mujica N, Macvean C, Kroschel J, Kishinevsky M, Joshi RC, Johansen NS, Hallet RH, Civelek HS, Chen B, Metzler HB, 2017. The invasive *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae): understanding its pest status and management globally. *J. Insect Sci.*, 17(1): 1 – 27.

Wen JZ, Lei ZR, Wang Y, 1998. A survey of *Liriomyza sativae* Blanchard in Yunnan and Guizhou provinces. *Plant Prot.*, 24(3): 18 – 20. [问锦曾, 雷仲仁, 王音, 1998. 云南贵州两省南美斑潜蝇的考察. 植物保护, 24(3): 18 – 20]

Wen JZ, Lei ZR, Wang Y, 2000. Introduction of parasitic wasps of vegetable leafminers in China (Ⅳ) – Six species of *Chrysocharis pubicornis* (Zetterstedt), *Neochrysocharis okazakii* Kamijo, *etc.* *Plant Prot.*, 26(2): 40 – 42. [问锦曾, 雷仲仁, 王音, 2000. 我国蔬菜潜叶蝇寄生蜂简介(四)普金姬小蜂、冈崎姬小蜂等六种. 植物保护, 26(2): 40 – 42]

Xiang JC, Lei ZR, Wang HH, Gao YL, 2012. Interspecific competition among three invasive *Liriomyza* species. *Acta Ecol. Sin.*, 32(5): 1617 – 1621. [相君成, 雷仲仁, 王海鸿, 高玉林, 2012. 三种外来入侵斑潜蝇种间竞争研究进展. 生态学报, 32(5): 1617 – 1621]

Xu ZH, Chen XX, Rong LQ, He JH, Ma Y, 2001. Parasitic wasps of leaf miner in vegetable field (Ⅱ) – Eulophidae: Entedontinae and Tetrastichinae. *Entomol. J. East China*, 10(2): 11 – 16. [徐志宏, 陈学新, 荣路琪, 何俊华, 马云, 2001. 蔬菜地潜叶蝇寄生蜂种类研究(Ⅱ)——凹面姬小蜂亚科 Entedontinae 和啮小蜂亚科 Tetrastichinae. 华东昆虫学报, 10(2): 11 – 16]

Yang F, Du YZ, Cao JM, Huang FN, 2013. Analysis of three leafminers' complete mitochondrial genomes. *Gene*, 529(1): 1 – 6.

Yang YM, Xuan JL, Ye FY, Guo JY, Yang LY, Liu WX, 2017. Molecular identification of the thelytokous strain of *Neochrysochris formosa* (Hymenoptera: Eulophidae) newly found in China and detection of its endosymbiont *Rickettsia*. *Acta Entomol. Sin.*, 60(5): 582 – 593. [杨月梅, 轩景丽, 叶福宇, 郭建洋, 杨利艳, 刘万学, 2017. 中国新发现芙新姬小蜂孤雌产雌品系的分子鉴定及其内共生菌 *Rickettsia* 的检测. 昆虫学报, 60(5): 582 – 593]

Ye FY, Zhu CD, Yefremova Z, Liu WX, Guo JY, Wan FH, 2018. Life history and biocontrol potential of the first female-producing parthenogenetic species of *Diglyphus* (Hymenoptera: Eulophidae) against agromyzid leafminers. *Sci. Rep.*, 8(1): 3222.

Zhang YB, Lu SL, Liu WX, Wang WX, Wang W, Wan FH, 2014. Comparing immature development and life history traits in two coexisting host-feeding parasitoids, *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *J. Integr. Agr.*, 13(12): 2690 – 2700.

Zheng ML, Chen JH, 2017. A new species and three newly recorded species of the dacnusine genus *Dacnusa* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Alysiinae) from China. *Zootaxa*, 4232(4): 511 – 522.

Zhu CD, 1999. Systematics of Chinese Eulophinae (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae). PhD Dissertation, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing. [朱朝东, 1999. 中国姬小蜂亚科的系统学研究. 北京: 中国科学院动物研究所博士学位论文]

(责任编辑: 赵利辉)